

mint cultivars differs from that of plants grown in other regions and conditions. Approval of pilot Russian vertical farms from «Agroaspect plus» in the production process was successful. Their further use under the import substitution program in the Ural region for the production of seedlings of spicy-aromatic crops and fresh products of varietal mint, lemon balm, rosemary and lavender will occur taking into account the data of the study.

Key words: fresh medicinal plant raw materials, spicy-aromatic plants, varietal mints, biologically active substances, the sum of phenolic compounds, hydroponics.

УДК 633.72:581.19

doi:10.31360/2225-3068-2022-81-136-143

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ ВИТАМИНОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ МАРКАХ ЧАЯ

Платонова Н.Б., Романов Л.А., Белоус О.Г.

*Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,
г. Сочи, Россия; e-mail: oksana191962@mail.ru*

Проведено исследование по выявлению изменений в содержании витаминов С и Р в готовом краснодарском чае, а также проведено сравнение содержания витаминов в промышленных марках чая различных чаепроизводящих стран. Объектами исследований являлись 3-листная флеш и готовый чай сорта 'Колхида', произрастающий на коллекционно-маточном участке ФИЦ СНЦ РАН, а также, промышленные марки готового чёрного и зелёного чая из Китая, Шри-Ланки, Индии и Азербайджана. Выявлено, что особенности технологического процесса, почвенно-климатические особенности регионов выращивания, а также принадлежность растений к ассамской или китайской крупнолистной разновидности влияют на содержание основных витаминов в чае. Показано, что при переработке сырья в готовый продукт происходит разрушение витамина С почти в 4–6 раза при приготовлении белого и зелёного чая и в среднем в 20 раз при производстве чёрного. Содержание рутина в зелёном чае колеблется от 20 мг/100 г до 32 мг/100 г, в белом – около 15–20 мг/100 г, а в чёрном его в 2,5–3,0 раза выше. По содержанию витамина С краснодарский чай превосходит остальные (в среднем около 6,4 мг/100 г – в чёрном и 24,1 мг/100 г – в зелёном), что объясняется северным расположением плантаций, обуславливающим повышенное содержание витамина С в растениях. В краснодарском чае содержание рутина колеблется в пределах 14–18 мг/г сухой массы, в то время как в азербайджанских и китайских промышленных марках доходит до 34–52 мг/г сухой массы.

Ключевые слова: чай, витамины, динамика, переработка, биофлавоноиды, аскорбиновая кислота, ферментация.

Витамины, наряду с сахарами, липидами, белками и минералами, являются одним из основных питательных веществ, используемых организмом. Однако они не могут вырабатываться в организме человека и должны усваиваться с пищей. Существует 13 видов витаминов А, С, D, Е, К, витамины группы В (тиамин (В1), рибофлавин (В2), ниацин или никотиновая кислота (В3), пантотеновая кислота (В5), биотин (В7), фолиевая кислота (В9), пироксидин (В6) и кобаламин (В12)), которые подразделяются на водорастворимые витамины (растворяются в воде) и жирорастворимые (растворяются только в жире) [11]. Дефицит даже одного из них может привести к проблемам со здоровьем, например, привести к кожным заболеваниям, онемению рук и ног, вялости и усталости [12, 20].

Основным витамином чая является витамин Р. Однако то, что называют витамином Р, на самом деле целый комплекс соединений (рутин, катехины, гесперидин и др.) – биофлавоноидов, которые представляют собой водорастворимые вещества растительного происхождения. Витамин Р в комплексе с витамином С усиливает эффективность аскорбиновой кислоты, способствует её накоплению и задержанию в организме, а также помогает усвоению витамина С [15, 19, 21]. Витамин С, в свою очередь, является необходимым питательным веществом для производства коллагена, его дефицит приводит к потере образования коллагеновых волокон, ослаблению стенок сосудов и возникновению цинги. Кроме того, витамин С известен как активный антиоксидант [4, 13].

Зелёный чай известен тем, что в нём содержится больше витаминов в более высоких концентрациях, чем в других продуктах питания, и уже один этот факт делает чай превосходным напитком. Чёрный чай содержит мало витаминов, при этом витамин С и другие витамины в основном теряются в процессе производства. Так, например, исследования японских учёных показали, что зелёный чай Сенча содержит больше всего витамина С, чем любой другой чай, в то время как, улун и чёрный чай содержат очень мало витамина С [20].

В ФИЦ СЦ РАН в течении ряда лет (2016–2021 гг.) проводились исследования по изучению закономерностей формирования компонентов антиоксидантной системы чайного сырья, произрастающего на плантациях Краснодарского края [6, 10, 14, 16]. В этих исследованиях немаловажная роль отведена изучению динамики накопления витаминов Р и С в 3-листной флешки чая и изменению их количеств в процессе переработки в готовый чай [15, 19].

В современном мире выращивание и производство чая налажено более чем в 30 странах Азии, Африки, Америки, Европы, а также в Австралии. Наиболее крупные производители чая – Китай, Индия, Шри-Ланка, Кения, Индонезия, Япония, Тайвань, Вьетнам, Малави,

Танзания, Турция, Аргентина. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН – ФАО в XXI веке чаеводство станет одной из самых перспективных в мире производственных отраслей и в долгосрочной перспективе мировой рынок чая будет расти в среднем на 2–3 % в год (FAOSTAT. faostat.fao.org).

Не случайно химический состав чая является основным вопросом в изучении многих исследователей как в стране, так и за рубежом [1–3, 11, 17, 18, 21]. В том числе, в мировой практике приводятся исследования по изучению витаминного комплекса чая, произрастающего в лидирующих чаепроизводящих странах, что указывает на актуальность поставленной проблемы.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований являлись 3-лиственная флешь и готовый чай сорта Колхида, произрастающий на коллекционно-маточном участке ФИЦ СНЦ РАН в п. Уч-Дере (Лазаревский район), а также, промышленные марки готового чёрного и зелёного чая из Китая, Шри-Ланки, Индии и Азербайджана.

Отбор материала для исследований (3-листные флешки сорта Колхида) проводили в период активной вегетации с мая по октябрь. Средняя проба растительного материала отбиралась согласно методике полевого опыта [9].

Биофлавоноидные соединения с Р-витаминной активностью (Рутин) определяли методом титрования в соответствии с методикой анализа витаминов [8]. Количественное определение рутина основано на его способности окисляться перманганатом. В качестве индикатора применяется индигокармин, который вступает в реакцию с перманганатом после того, как окислится весь рутин [8].

Определение аскорбиновой кислоты (АК) проводили классическим йодометрическим методом [7, 13], титрантом служил раствор йодата калия. Титрование вели в присутствии йодида калия и хлороводородной кислоты (индикатор – крахмал) до стойкого синего окрашивания.

Переработку чайного сырья сорта Колхида (3-листных флешей) в зелёный и чёрный чай проводили в лаборатории физиологии и биохимии растений в соответствии с требованиями ГОСТ 32574-2013 «Межгосударственный стандарт. Чай зелёный. Технические условия» и ГОСТ 32573-2013 «Межгосударственный стандарт. Чай чёрный. Технические условия» на данную продукцию.

Для оценки статистических величин проведён анализ с применением пакета ANOVA в STATGRAPHICS Centurion XV (версия 15.1.02, StatPoint Technologies) и MS Excel 2007. Статистический анализ включал одномерный дисперсионный анализ (метод сравнения средних с использованием дисперсионного анализа, t-критерий). Статистически значимой принята значимость различия между средними значениями при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Исследования содержания в чае витамина С показало, что в 3-листных флешах (сырье) содержится от 71,9 до 172,0 мг/100 г сухой массы. Однако при переработке сырья в готовый продукт вследствие термической обработки происходит разрушение витамина С почти в 4–6 раз – при приготовлении белого и зелёного чая и в среднем в 20 раз при производстве чёрного (рис. 1), что подтверждается и другими исследователями [17, 21].

Не менее важным компонентом чая является витамин Р (Рутин), который не только принимает участие в основных окислительно-восстановительных реакциях, но и усиливает впитывание аскорбиновой кислоты [7, 17]. Исследования показали, что в зависимости от сезона сбора чайного листа, в зелёном чае содержание рутина колеблется от 20 мг/100 г до 32 мг/100 г, в белом – около 15–20 мг/100 г, а в чёрном – в пределах 45 мг/100 г – 60 мг/100 г, что в 2,5–3,0 раза выше, чем в белом и зелёном неферментированном чае.

Содержание рутина в чёрном чае существенно выше, чем в зелёном не ферментированном и белом чаях, так как образование этого вещества происходит при разрушении полифенолов во время ферментации.

Таким образом, при переработке чайного сырья в готовый чай отмечена значительная вариабельность в содержании изученных витаминов. Различия обусловлены особенностями технологического процесса – отсутствием процесса ферментации при производстве не ферментированного (зелёного и белого) чая. Это позволяет этим чаям удерживать почти все водорастворимые витамины, которые ингибируют перекисное окисление липидов в клеточных мембранах.

К факторам, влияющим на накопление витаминов в чае, относятся почвенные условия, агротехника, гидротермические (сочетание температуры и влажности, осадков) и орографические факторы (экспозиция склонов и высота насаждений над уровнем моря) [3, 5, 6, 12, 14, 18]. В этой связи, нами собран большой экспериментальный материал для сравнения содержания основных витаминов в чае, произрастающем и вырабатываемым на территории Краснодарского края с мировыми брендами. Для этого мы использовали образцы промышленных марок чая, выращенного на плантациях Шри-Ланка, Китая, Азербайджана и Индии (рис. 2).

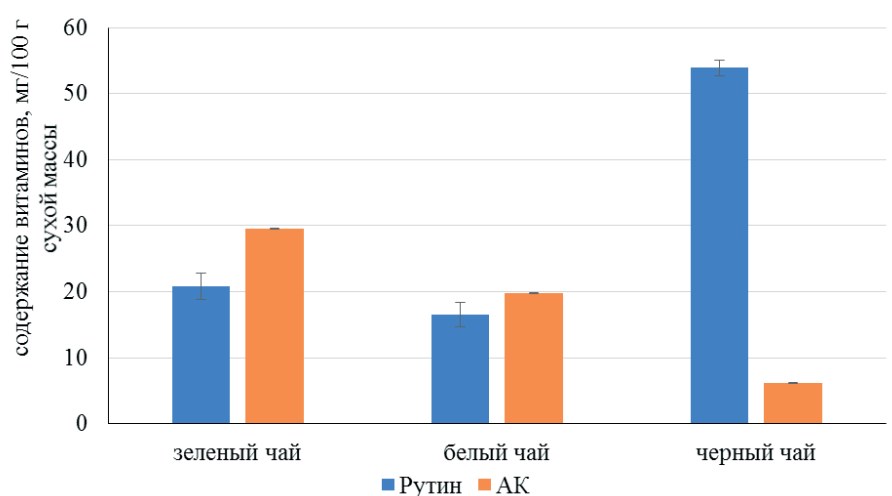


Рис. 1. Содержание аскорбиновой кислоты и рутина в готовом чае, растения сорта Колхида, 2019–2021 гг.

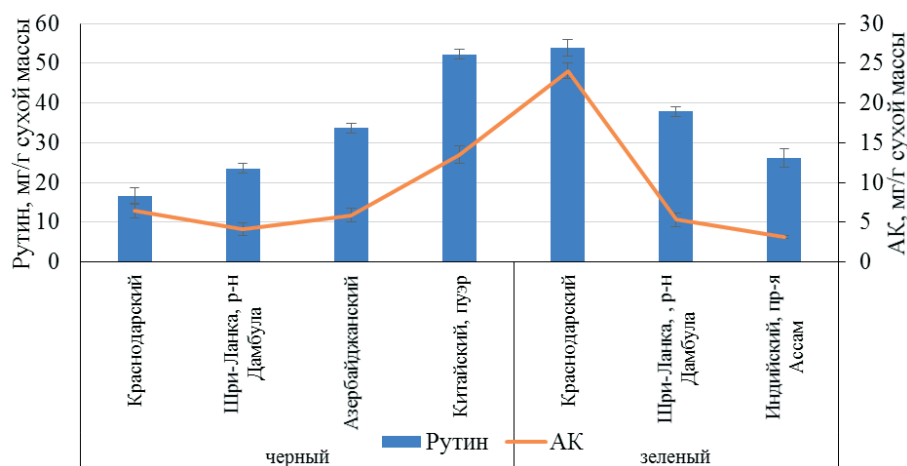


Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты и рутина в промышленных марках чая

По содержанию рутина краснодарский чай отличается от промышленных марок других чаепроизводящих стран. В краснодарском чае его содержание колеблется в пределах 14–18 мг/г сухой массы, в то время как в азербайджанских и китайских промышленных марках доходит до 34–52 мг/г сухой массы. Такие различия связаны с почвенно-климатическими особенностями региона выращивания, особенностями растений, а также с технологией производства чая. Так, например, растения чая, выращиваемые в Шри-Ланка и Индии, относят к ассамской

(*Camellia sinensis* var. *assamica* (J.W. Mast.) Kitam.) разновидности растений чая, в то время как китайские и краснодарские растения – это китайская крупнолистная разновидность (*Camellia sinensis* var. *dehungensis* (H.T. Chang & B.H. Chen) T.L. Ming – син. *Camellia sinensis* var. *sinensis*). Кроме того, чай пуэр, как и чёрный чай, подвергается ферментации, но отличительной чертой пуэров является более длительное время ферментации, а также, участие в этом процессе *Aspergillus acidus* (плесневых грибов рода Аспергилл), влияющих на химический состав и вкусовые качества чая. Именно эти факторы в совокупности и приводят к более высокому содержанию рутина в зарубежных чёрных чаях.

Анализ содержания аскорбиновой кислоты в промышленных марках чая показал иную картину – краснодарский чёрный и зелёный чай по содержанию АК превосходит остальные чаи: в среднем около 6,4 мг/100 г в чёрном чае и 24,1 мг/100 г – в зелёном, в то время как в торговых марках остальных чаепроизводящих стран содержание витамина С составляет 4–5 мг/г (в чёрном чае) и 3–5 мг/100 г (в зелёном чае). Как правило, содержание АК в растениях увеличивается к северу, что объясняет повышенное содержание витамина С в растениях северных плантаций. Исключение составляет чай пуэр, который выгодно отличается от чёрных чаев содержанием АК (в среднем 13,49 мг/100 г сухой массы), что также связано с особенностями его производства.

Статистически анализ результатов исследования показал значимость различий при 95%-ном уровне значимости.

Выводы. Таким образом, исследовано содержание в чае витамина С (аскорбиновой кислоты) и рутина. Показано, что при переработке сырья в готовый продукт происходит значительное разрушение витамина С в чёрном чае, при небольших потерях аскорбиновой кислоты при производстве зелёного чая. Кроме того, наблюдается изменчивость в содержании рутина – в чёрном чае его количество существенно выше, чем в белом и зелёном неферментированном. По содержанию АК краснодарский чай превосходит промышленные чаи других чаепроизводящих стран, в то время как рутина в краснодарском чае значительно меньше. Все выявленные различия обусловлены особенностями технологического процесса, почвенно-климатическими особенностями регионов выращивания и особенностями растений.

Благодарность.

Авторы статьи выражают благодарность коллективу молодых исследователей, принявших участие в получении результатов данной работы: Богатыревой М.С., ученице 10 класса (г. Москва); Маркову В.И., ученику 8 класса (г. Самара); Ефремовой М.И., учащейся 10 класса (Ставропольский край) и Китюк Н.В., учащейся 9 класса (г. Саки, Республика Крым).

Исследование проведено в рамках ГЗ ФИЦ СЦ РАН № 0492-2021-0007
и учебно-проектной смены «Большие вызовы-2021» ОЦ «Сириус».

Список литературы

1. Валиулина Д.Ф., Макарова Н.В. Сравнительное исследование антиоксидантной активности популярных марок чая из торговых сетей // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – Т. 80. – № 3(77). – С. 104-110. – <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-104-110>.
2. Воронцов В.Е. Биохимия чая. – М.: Пищепроиздат, 1946. – 279 с.
3. Гочалашвили М.М. Биологические основы культуры чайного листа. – Тбилиси: Цонда, 1983. – 238 с.
4. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В., Обозный А.И. Антиоксидантная система растений: участие в клеточной сигнализации и адаптации к действию стрессоров // Вісник Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. – 2011. – Вип. 1 (22). – С. 6-34.
5. Платонова Н.Б., Белоус О.Г., Остадалова М. Сравнительный анализ биохимических компонентов чая // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – Вып. 61. – С. 180-189.
6. Платонова Н.Б., Белоус О.Г. Биохимический состав чая и его изменения под влиянием различных факторов // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – № 50. – № 3. – С. 404-414. – <http://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-404-414>
7. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. – М.: Агропромиздат, 1985. – 255 с.
8. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. – Киев: Наукова думка, 1976. – 334 с.
9. Практикум по физиологии растений / под ред. И. И. Гунара. – М.: Колос, 1976. – 310 с.
10. Смирнов А.Е., Белоус О.Г., Платонова Н.Б. Сравнительный анализ содержания биологически активных веществ промышленных марок чая // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2021. – № 78. – С. 129-141. – <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2021-78-129-141>.
11. Татарченко И.И., Мохначев И.Г., Касьянов Г.И. Химия субтропических и пищевых продуктов. – М.: Академия, 2003. – 256 с.
12. Хочолава И.А. Технология чая. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 303 с.
13. Чупахина Г.Н. Система аскорбиновой кислоты растений: монография. – Калининград: Калинингр. ун-т, 1997. – 120 с. – ISBN 5-88874-063-2.
14. Belous O., Platonova N. Physiological foundations of sustainability *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze and *Corylus pontica* C. Koch. in the conditions of humid subtropics of Russia // American Journal of Plant Sciences. – 2018. – Vol. 9. – № 9. – P. 1771-1780. – <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.99129>.
15. Belous O., Platonova N. Content of vitamins C and Ruthin in Krasnodar tea // Green Reports. – 2020. – 1(2). – P. 1-4. – <https://doi.org/10.36686/Ariviyal.GR.2020.01.02.007>.
16. Belous O., Platonova N. Content of biologically active substances in tea leaf of Krasnodar tea // Acta Hortic. – 2021. – Vol. 1324. – P. 367-372. – <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1324.57>.
17. Chakravorty S., Bhattacharya S., Chatzinotas A. et al. Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics // International Journal of Food Microbiology. – 2016. – Vol. 220. – P. 63-72. – <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015>.

18. Deb S., Jolvis Pou K.R. A review of withering in the processing of black tea // Journal of Biosystems Engineering. – 2016. – Vol. 41. – № 4. – P. 365-372. – <https://doi.org/10.5307/JBE.2016.41.4.365>.
19. Konnov N.A., Platonova N.B., Belous O.G. Comparative analysis of rutin content in tea of different climatic zones // Jubilee scientific conference devoted to the 40th anniversary of the Institute of Ornamental and Medicinal Plants. – Sofia. – 2019. – P. 33.
20. Major Components and Health Benefits of Green Tea. [Electronic Resources]. – Access mode: https://www.itoen-global.com/allabout_greentea/components_benefit.html. свободный (accessed: 10.02.2022).
21. Wright L.P. Biochemical analysis for identification of quality in black tea (*Camellia sinensis*): dr. bio. sci. diss. – Pretoria: University of Pretoria, 2002. – 216 p.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONTENT OF ESSENTIAL VITAMINS IN INDUSTRIAL TEA BRANDS

Platonova N.B., Romanov L.A., Belous O.G.

*Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
Sochi, Russia; e-mail: oksana191962@mail.ru*

A study has been conducted to identify changes in the content of vitamin C and P in ready-made Krasnodar tea, as well as a comparison of the content of vitamins in industrial tea brands of various tea-producing countries has been made. The objects of research were 3-leaf flush and ready-made 'Colkhida' tea, growing on the collection breeding section of FRC SSC of RAS, as well as industrial brands of ready-made black and green tea from China, Sri Lanka, India and Azerbaijan. It has been revealed that the specific of the technological process, soil and climatic features of the growing regions, as well as the plants' belonging to the Assamese or Chinese large-leaved variety affect the content of essential vitamins in tea. It is shown that when processing raw materials into a finished product, vitamin C is destroyed almost 4–6 times during preparation of white and green tea and on average 20 times during production of black tea. The content of rutin in green tea ranges from 20 mg/100g to 32 mg/100g, in white – about 15–20 mg/100 g, and in black tea it is 2.5–3.0 times higher. In terms of vitamin C content, Krasnodar tea surpasses the others (on average about 6,4 mg/100 g in black and 24,1 mg/100 g in green, which is explained by the northern location of plantations, which causes an increased content of vitamin C in plants. In Krasnodar tea, the content of rutin ranges from 14–18 mg/g of dry weight, while in Azerbaijani and Chinese industrial brands it reaches 34–52 mg/g of dry weight.

Key words: tea, vitamins, dynamics, processing, bioflavonoids, ascorbic acid, fermentation.